

一种基于自适应支持权重优化的立体匹配算法

江泽涛 王 琦 赵 艳

(桂林电子科技大学广西图像图形智能处理重点实验室 广西 桂林 541004)

(桂林电子科技大学广西图像图形智能处理高校重点实验室 广西 桂林 541004)

摘 要 立体匹配是图像处理领域的经典问题和研究热点之一。针对原始 ASW 立体匹配算法中存在的运算时间过长以及遮挡区域的误匹配率高的问题,提出了一种改进优化方法。在自适应支持权重方法的基础上结合 Rank 变换方法,从参数选择以及立体匹配性能这两个方面对自适应支持权重进行改进,然后对得到的初始视差进行有效视差校准从而得到最终视差。最后利用仿真实验得到匹配精度较高的图像序列视差图,并通过实验结果对比验证了该方法具有很好的可行性。

关键词 立体匹配,自适应支持权重,Rank 变换,视差校准

中图法分类号 TP393 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2018.08.043

Stereo Matching Algorithm Based on Adaptive Support Weight Optimization

JIANG Ze-tao WANG Qi ZHAO Yan

(The Key Laboratory of Image and Graphic Intelligent Processing of Guangxi, Guilin University of Electronic Technology, Guilin, Guangxi 541004, China)

(The Key Laboratory of Image and Graphic Intelligent Processing of Higher Education in Guangxi, Guilin University of Electronic Technology, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract Stereo matching is one of the classic problems and hot topics in image processing. In view of the problem that the operation time of original ASW stereo matching algorithm is too long and the mismatching rate of occlusion area is high, an improved optimization method was proposed. Based on the adaptive support weight method, the Rank transform method is used to improve the adaptive support weight from two aspects of parameter selection and stereo matching performance, and then the final parallax is obtained by performing the effective parallax calibration. Finally, the image sequence disparity map with high matching accuracy is obtained by simulation experiment. The experimental results show that the method is feasible.

Keywords Stereo matching, Adaptive support weight, Rank transform, Parallax calibration

1 引言

立体匹配是通过获取同一个物体或场景的图像序列,寻找左右图像对应点的对应关系,从而得到深度信息^[1]。其本质是先建立一个能量代价函数,然后在能量代价函数取最小值时估计出像素点的视差值,也即以最小的代价在图像序列上精确地找到相同的像素点,从而找到一条最优路径^[2-3]。按照约束条件的不同,将匹配算法分为全局立体匹配算法和局部立体匹配算法^[4]。

全局立体匹配算法是基于全局的优化理论,通过能量函数最小化来获取匹配结果。通常情况下,虽然全局立体匹配算法获取到的匹配结果的相对精度高,但效率低下,不能满足实时性的需求。典型的全局立体匹配算法有图割(GC)算

法^[5]、动态规划(DP)算法^[6-7]和置信度传播(BP)算法^[8]等。局部立体匹配算法通过窗口内的邻域信息进行局部优化以估计图像视差值,相较于全局立体匹配算法,其涉及到的信息量少,因此局部立体匹配对应的方法一般计算速度较快,运行时间开销较小,复杂度较低。常用的局部立体匹配方法有 SAD 算法、基于自适应权值的 ASW(Adaptive Support-Weight)算法^[9-10]和基于变换的局部立体匹配方法^[11-14]等。

目前,在针对窗口的立体匹配算法中,匹配精度将直接受到窗口大小的影响:窗口过小将使区分度过低;窗口较大则会产生跨界。因而自适应地改变窗口成为最佳选择。祝世平等^[15]在梯度信息的基础上引入了相位信息,并改变原始匹配,消除误差;Qu 等^[16]利用周围像素与中心像素的色彩差异使得窗口具有自适应性。ASW 算法不再寻求最优的窗口形

到稿日期:2017-06-30 返修日期:2017-09-21 本文受国家自然科学基金(61572147,61762066),广西科技计划项目(AC16380108),桂林电子科技大学图像图形智能处理重点实验室项目(GIIP201701),广西可信软件重点实验室项目(kx201502),研究生创新项目(2018YJCX46),江西省自然科学基金资助项目(20171BAB212015)资助。

江泽涛(1961—),男,博士,教授,主要研究方向为图像处理;王 琦(1992—),男,硕士,主要研究方向为图像处理,E-mail: warrenwangqi@163.com(通信作者);赵 艳(1988—),女,硕士,主要研究方向为图像处理。

状和大小,而是根据格式塔理论利用相似性和接近性原则为窗口中的元素分配权重,实现了对窗口自适应的分割效果,使得匹配精度大幅度提高,但计算开销较大。龚文彪等^[17]对传统 ASW 算法进行了改进,在像素权重分配中结合了颜色内相关,并对初始视差图进行三步优化;王富治等^[18]对 ASW 进行分析,提出了新的空间临近性权值影响模型,将相异性度量函数从 2-邻域扩展至 8-邻域。但这些改进都使算法的计算开销进一步增大。

基于以上分析,本文基于自适应支持权重(ASW)算法展开研究。同时为应对光照变化和曝光差异带来的影响,本文将 Rank 变换方法引入到 ASW 匹配中,先将图像转换成 Rank 图像,计算时将原始方法中的 CIELab 颜色空间转换到 RGB 颜色空间,从参数选择以及立体匹配性能这两个方面对自适应支持权重进行改进,并在初始视差完成之后引入视差校准方法来提高匹配精度。最后利用仿真实验得到高匹配精度的视差图,并且通过实验结果对比验证了所提方法具有更好的抗噪性和可行性。

2 一种基于 ASW 优化的立体匹配算法

2.1 基于 ASW 的立体匹配算法

Yoon 等^[9]根据人们观察世界的视觉系统,在格式塔理论中接近性和相似性规则的基础上,提出了一种自适应支持权重的算法。它为匹配支持窗口内的像素点分配一个相对合适的自适应权重。根据格式塔理论的接近性规则,若周边像素点与窗口中心像素点在空间的几何距离越接近,则分配的权重就越大;根据格式塔理论的相似性规则,若周边像素点与中心像素点的颜色信息越相近,则分配的支持权重就越大。如图 1 所示,左视图中假设像素点 p 为待匹配的中心像素点,像素点 q 为中心像素点 p 支持窗口内的非中心像素点。ASW 算法首先要计算出它们各自的权重,同时考虑左视图和右视图的支持权重,使用综合权值来计算待匹配像素点的匹配代价;然后设定一个截断值,在视差范围 d 区域内移动匹配窗口,计算左右两幅视图之间的差异度,使用胜者为王 WTA (Winner Take All) 的方法,计算出图像序列像素点的最终视差值。

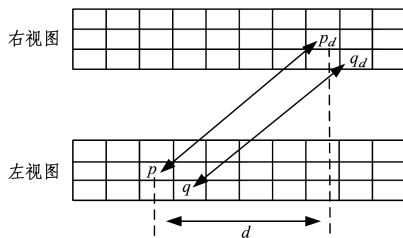


图 1 ASW 算法示意图

Fig. 1 Schematic diagram of ASW algorithm

2.2 基于 Rank 变换的匹配算法

Rank 变换^[8]是一种基于数理统计的非参量变换方法,主要思想是以某像素点 p 为中心建立一个 Rank 矩形变换窗口,通过检测窗口内像素点与中心像素点的大小关系,统计出像素点灰度值小于中心像素点灰度值的像素点个数,并且将该值作为中心像素点 Rank 变换后的值。图像中所有的像素点都进行变换后,转换成一个个整数的矩阵,称为 Rank 图像。

Rank 变换的计算公式可以表示如下:

$$R(x, y) = \sum_{(i, j) \in N(n)} \text{sgn}[I(x+i, y+j) - I(x, y)] \quad (1)$$

其中:

$$\text{sgn}(x_1 - x_2) = \begin{cases} 1, & x_2 > x_1 \\ 0, & x_2 \leq x_1 \end{cases} \quad (2)$$

若窗口内像素点灰度值小于中心像素点灰度值,则赋值为 1,否则赋值为 0。假设采用的是 3×3 的窗口大小,Rank 变换的求解过程可以表示为:

$$R(x, y) = \begin{bmatrix} 158 & 42 & 130 \\ 113 & 155 & 210 \\ 79 & 60 & 188 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{rank}} R(x, y) = 5 \quad (3)$$

从上述过程可以看出,通过判断 Rank 变换点与窗口内像素点的关系,Rank 变换后的图像相对于原来的图像,占用的存储空间有所减少。图像经过 Rank 变换后,像素点的灰度值从 0 到 255 的范围变换为一个相对较小的整数范围。当计算对应匹配窗口的相关性时,不再是直接使用像素点灰度值,而是利用转换值进行计算。因此,相对于直接采用像素点灰度值作为匹配基元的方法,Rank 变换在一定程度上抑制了图像噪声的影响,提高了方法的抗噪性,而且还可以有效地避免图像序列之间因为明暗差异引起的匹配误差,增强了匹配的鲁棒性。

2.3 基于 ASW 的优化立体匹配算法

2.3.1 颜色空间和窗口选择

自适应支持权重(ASW)算法采用的是 CIELab 空间,通过计算颜色欧氏距离得到颜色空间距离。原算法的时间复杂度较高。在优化方法中将 CIELab 颜色空间转换为 RGB 颜色空间进行计算可有效降低计算量。由于 RGB 颜色空间是非均匀的颜色空间,因此可根据人眼对红、绿、蓝三原色敏感程度的不同进行权重的定义,采用具有权重因子的欧氏距离计算公式^[20]:

$$C_{pq} = \frac{1}{5} \sqrt{\left(2 + \frac{r}{256}\right)(R_p - R_q)^2 + 4(G_p - G_q)^2 + \left(2 + \frac{255-r}{256}\right)(B_p - B_q)^2} \quad (4)$$

其中, r 为两个像素点红色分量的平均值,通过对红蓝分量权重的调整,可以减小计算结果与原算法在 CIELab 颜色空间计算的距离的误差。

通过改进,可以减少由算法的复杂性和颜色空间转换带来的损失,同时将 RGB 颜色空间的距离用于自适应权值的计算,可以使算法具有较好的稳定性,可以在颜色距离精确度损失不大的同时提高图像匹配的效率。

在多数局部立体匹配方法中,匹配窗口的大小和形状会对匹配效果产生影响,是非常重要的因素。如果选取的匹配窗口太小,则容易因为包含的图像的有效信息太少而导致匹配出错;如果选择的匹配窗口太大,则会影响到方法的匹配效率。ASW 立体匹配方法按照格式塔理论为像素分配了相应权重,有效地解决了匹配过程中的窗口问题和深度不连续区域存在的匹配模糊问题。以此为基础的改进优化算法在实验中选用的匹配窗口和校准窗口的大小都为 20×20 。

2.3.2 权重计算

为降低原始算法遮挡区域的误匹配率,改进的优化方法在计算相关性时,除了引入颜色相似性和距离相近性的权重,还引入了图像 Rank 变换方法。

传统 Rank 变换方法在计算时,若匹配窗口内的中心像素点受到噪声干扰,则变换将不再具有高可靠性,而且在匹配时可能出现多个最佳匹配,容易造成误匹配^[19]。为了提高 Rank 变换方法的抗噪性和精确性,本文对传统 Rank 变换方法进行一定的优化扩展:首先计算 Rank 窗口内周围像素点与中心像素点的颜色相似度,根据相似度差异,将像素点灰度比较度量划分为 5 个等级。Rank 变换等级的划分如下:

$$Rank = \begin{cases} -2, & Diff. < -v, & \text{最小} \\ -1, & -v \leq Diff. \leq -u, & \text{较小} \\ 0, & -u \leq Diff. \leq u, & \text{相等} \\ 1, & u < Diff. \leq v, & \text{较大} \\ 2, & Diff. > v, & \text{最大} \end{cases} \quad (5)$$

通过大量实验发现,当 Rank 变换的等级划分大于 5 时,图像的正确匹配率将不会有显著的提高。分别计算出图像序列对应的 Rank 变换图像,然后定义空矩阵 F ; 计算 Rank 变换图像对应点的像素灰度比较度量等级,若相等则赋值为 1, 否则赋值为 0。最后,将权重和矩阵 F 结合在一起计算图像序列的相关性。

假设像素点 p 为待匹配的中心像素点,像素 q 为中心像素点 p 支持窗口内的非中心像素点,则像素点 q 对中心像素点 p 的支持权重分配的计算表示如下:

$$\omega(p, q) = k \cdot f(\Delta C_{pq}) \cdot f(\Delta g_{pq}) \quad (6)$$

其中, ΔC_{pq} 表示中心像素点 p 和像素点 q 在 RGB 颜色空间上的欧氏距离, Δg_{pq} 表示中心像素点 p 和像素点 q 在坐标空间上的欧氏距离。其中颜色的相似度计算和距离的邻近度计算使用的都是拉普拉斯核,计算公式如下:

$$f(\Delta C_{pq}) = \exp\left(-\frac{\Delta C_{pq}}{r_c}\right) \quad (7)$$

$$f(\Delta g_{pq}) = \exp\left(-\frac{\Delta g_{pq}}{r_p}\right) \quad (8)$$

其中, r_c 是与颜色权值相关的系数, r_p 是与距离权值相关的系数。根据上述计算公式,可以分别求出图像序列的自适应权值,将权重和矩阵 F 相结合来计算图像序列的相关性。相关性计算公式如下:

$$C(p, \bar{p}_d) = \frac{\sum_{q \in N_p, \bar{q}_d \in N_{\bar{p}_d}} \omega(p, q) \omega(\bar{p}_d, \bar{q}_d) F}{\sum_{q \in N_p, \bar{q}_d \in N_{\bar{p}_d}} \omega(p, q) \omega(\bar{p}_d, \bar{q}_d)} \quad (9)$$

计算出相关性后,在一定视差范围内,计算出像素点 p 的初始视差值,公式表示如下:

$$d_p = \arg \max_{d \in S_d} C(p, \bar{p}_d) \quad (10)$$

2.3.3 视差校准

1) 自适应支持权重优化校准

原始的 ASW 立体匹配方法在确定最终视差时仅仅采用了胜者为王 WTA 这一个步骤。图像序列匹配的精度极大地依赖于相似性度量函数和支持窗口的选择,但在实际问题中往往很难找到最佳的匹配窗口和相似性度量函数。因此,在改进优化的方法中,初始视差计算完成后引入自适应权重的

视差校正方法来提高匹配的精度。

假设像素点 p 的初始视差为待校准视差,利用邻域内其他像素点的初始视差分布进行校准。首先选择校准窗口,像素点 p 为校准窗口的中心像素点;其次将自适应支持权值应用于视差校准中,根据距离的接近性和颜色的相似性为校准窗口内的像素点分配自适应支持权值;最后根据校准窗口内的像素的初始视差分布,统计出在预定范围内视差 d 出现的次数 k 和对应的权重,则待校准像素点的最终视差可以表示为:

$$d_{final} = \arg \max_{q \in N_c} \{ \sum w_c(p, q) \times k \} \quad (11)$$

2) 中值滤波

引入自适应支持权重对图像序列初始视差进行一定程度的校准,虽然可以减少很多错配点的视差值,但在某些匹配位置上依然存在没有被正确替换的视差值。因此,采用中值滤波对视差图进行处理,来填充错配点的视差值。将中值滤波处理窗口的大小设置为 3×3 。由实验结果可以看出,经过视差校准后,图像立体匹配的质量得到了提高,从而能够获得匹配精度较高的图像序列视差图。

2.4 优化立体匹配算法的步骤

本文对自适应支持权重方法进行了一定程度的优化和改进,优化立体匹配算法的步骤如下:

- 1) 设置合理的视差范围,给出匹配中采用的窗口大小,分别对图像序列进行自适应支持权重的计算以及 Rank 变换;
 - 2) 根据图像 Rank 变换的结果求解矩阵 F ,将自适应支持权重和矩阵 F 相结合,计算出图像序列之间的相关性,得到初始视差;
 - 3) 设置视差校准窗口,遍历视差范围内的像素点,对初始视差进行校准,得到最终视差;
 - 4) 获取立体匹配视差图。
- 该算法的流程如图 2 所示。

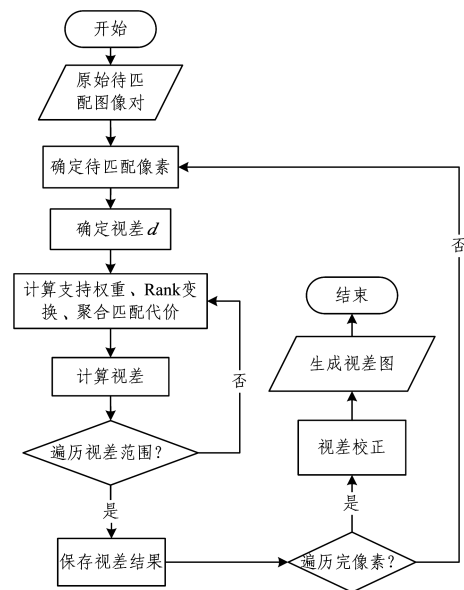


图 2 优化立体匹配算法流程图

Fig. 2 Flow chart of optimization stereo matching algorithm

3 实验结果与分析

本文实验采用的是 Middlebury 平台^[21]提供的一组标准

立体测试图片,将其作为输入图像,在 VS2013 配合 OpenCV 运行环境下进行多次实验仿真。

3.1 实验结果

在对标准图像序列进行立体匹配实验时,对参数做如下设置:支持窗口的大小为 20×20 ;颜色权值的相关系数 r_c 为 25,距离权值相关系数 r_p 为 10.5;图像序列的 Rank 变换中,差异相似度等级划分 u 的取值为 2, v 的取值为 9;视差校准时权值系数 r_s 为 15, r_b 为 10.5。实验结果如图 3 所示,可以看出,本文方法所得视差图虽然有一定的误差,但大体上效果较好。

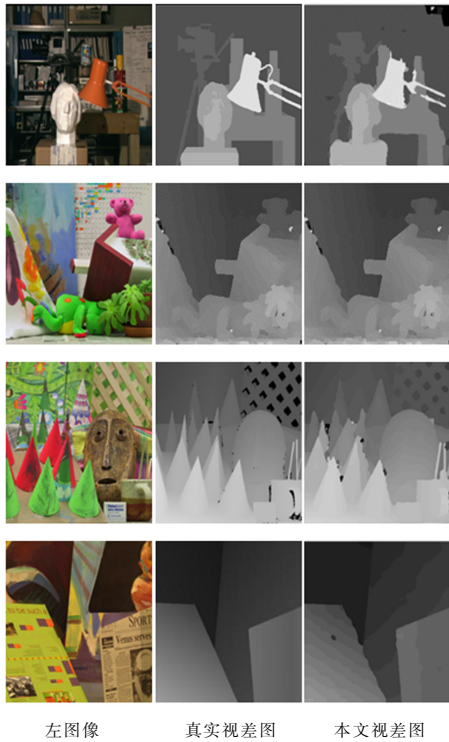


图 3 实验图像

Fig. 3 Experimental images

3.2 参数选择

对图像序列进行处理时,不同的窗口大小及参数对视差图的影响不同。下面选择标准测试图像序列中的一组图像在不同窗口以及不同参数设置下进行测试,得到的实验结果如图 4、图 5 所示。

从图 4 可以看出,在其他参数不变的情况下,不同窗口大小得到的实验结果不同。当选择的窗口大小为 20×20 时,得到的实验结果图较好。对窗口进行选择时,若窗口选择较小,则图像处理效果较差;若窗口选择较大,虽然会得到较好的实验结果,但计算耗时,会影响最终的实验效率。因此,在本文的实验中,选取窗口的大小为 20×20 。

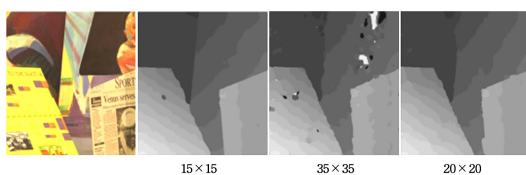


图 4 不同窗口下的视差图结果

Fig. 4 Disparity maps under different windows sizes

从图 5 可以看出,不同的参数设置对视差图的影响不同。设置不同的参数得到不同的图像视差图,图 5(a)为实验左图像;图 5(b)为对图像序列替换中值滤波时得到的视差图;图 5(c)为搜索视差范围发生变化时得到的视差图;图 5(d)为本文方法得到的视差图。

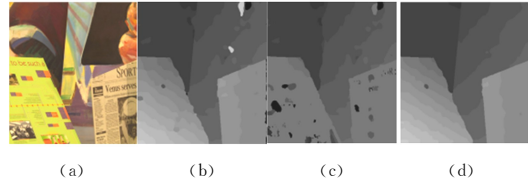


图 5 参数变化下的视差图

Fig. 5 Disparity maps for different parameters

3.3 实验结果对比

实验结果对比图如图 6 所示。不难看出,图 6(c)存在明显的条纹瑕疵,图 6(d)在图像中间处理部分出现误匹配,图 6(e)的处理效果较好。从标准测试图像中选取 4 组图像来比较不同算法的运行时间,对比结果如表 1 所列。

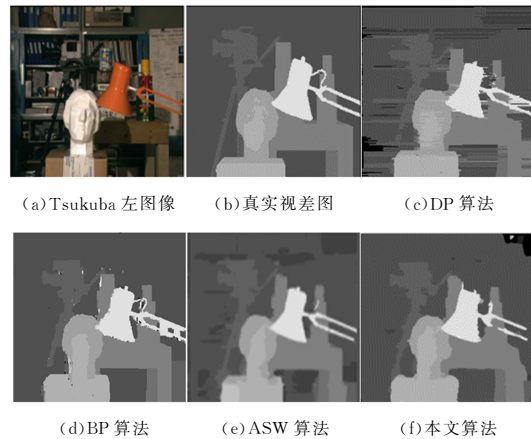


图 6 实验对比图

Fig. 6 Experimental contrast diagram

表 1 运行时间的对比

Table 1 Comparison of running time

算法	(单位:min)			
	Tsukuba	Venus	Teddy	Cones
DoubleBP ^[13]	28.6	23.25	37.8	34.73
ASW ^[6]	2.08	1.32	2.85	2.72
CC-ASW ^[2]	2.20	1.55	3.15	3.02
本文算法	1.24	1.27	2.80	3.07

从表 1 可以看出,相较于 DoubleBP 算法,改进方法在运行时间上有显著提高;因为原始 ASW 算法使用 CIELab 空间颜色计算权值,运算量大,时间相对增加,所以与之相比,改进方法在保证准确率的情况下,减少了运行时间。

结束语 在立体视觉方面的技术研究中,立体匹配一直是热点问题,如何有效地获取高精度的视差图是立体匹配研究的重点。文中提出了一种基于自适应支持权重改进的优化方法,在自适应支持权重的基础上,结合图像 Rank 变换方法,从参数选择以及立体匹配性能这两个方面对自适应支持权重进行改进,然后对得到的初始视差进行有效的视差校准以得到最终视差,最后利用仿真实验得到高匹配精度的图像

序列视差图。实验结果表明,改进方法具有更好的抗噪性,其获得的图像序列视差图优于其他立体匹配算法。但改进方法在运行时间上的提高幅度有限,需要在今后的研究中逐步改善。

参 考 文 献

- [1] LI J J Q, LI Y C. Research Progress on Disparity Map Computation in Stereo Matching[J]. Remote Sensing Information, 2017, 32(2): 7-14. (in Chinese)
李健俊, 李英成. 立体匹配中视差图计算方法的研究进展[J]. 2017, 32(2): 7-14.
- [2] GU Z, SU X Y, LIU Y K, et al. Local stereo matching with adaptive support-weight, rank transform and disparity calibration[J]. Pattern Recognition Letters, 2008, 29(9): 1230-1235.
- [3] GONG W B, GU G H, QIAN W X, et al. Stereo Matching Algorithm Based on the Inter Color Correlation and Adaptive Support Weight[J]. Chinese Laser, 2014, 41(8): 1-6. (in Chinese)
龚文彪, 顾国华, 钱惟贤, 等. 基于颜色内相关和自适应支持权重的立体匹配算法[J]. 中国激光, 2014, 41(8): 1-6.
- [4] CHEN A H, GAO C H, HE B W. Stereo-vision-enabled image stereo-matching method[J]. Chinese Journal of Construction Machinery, 2014, 12(3): 194-198. (in Chinese)
陈爱华, 高诚辉, 何炳蔚. 立体视觉中的图像立体匹配方法[J]. 中国工程机械学报, 2014, 12(3): 194-198.
- [5] WU C H, FU G L. A Stereo Method Based on K-means Segmentation and Neighborhood Constraints Relaxation [J]. Chinese Journal of Computers, 2011, 34(4): 755-760. (in Chinese)
伍春洪, 付国亮. 一种基于图像分割及邻域限制与放松的立体匹配方法[J]. 计算机学报, 2011, 34(4): 755-760.
- [6] ZHANG H F, ZHAO C X. A Stereo Matching using Dynamic programming and Left-Right Consistency[J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(4): 756-760. (in Chinese)
张浩峰, 赵春霞. 一种利用动态规划和左右一致性的立体匹配算法[J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(4): 756-760.
- [7] ZHU S P, YAN L N, LI Z. Stereo Matching Algorithm Based on Improved Census Transform and Dynamic Programming[J]. Acta Optica Sinica, 2016, 36(4): 1-9. (in Chinese)
祝世平, 闫丽娜, 李政. 基于改进 census 变换和动态规划的立体匹配算法[J]. 光学学报, 2016, 36(4): 1-9.
- [8] YU L, GUO L, YUAN H X. A Novel Method of Stereo Matching based on hierarchical belief propagation[J]. Journal of Image and Graphics, 2011, 16(1): 103-109. (in Chinese)
郁理, 郭立, 袁红星. 基于分级置信度传播的立体匹配新方法[J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(1): 103-109.
- [9] YOON K J, KWEON I S. Adaptive support-weight approach for correspondence search[J]. IEEE Transactions Pattern Analysis Machine Intelligence, 2006, 28(4): 650-656.
- [10] YOON K J, KWEON I S. Stereo Matching with the Distinctive Similarity Measure[C]// 2007 IEEE 11th International Conference on Computer Vision, 2007: 1-7.
- [11] GUO Y Y, XIA Y Q, YANG J Y. Research and Application of Stereo Matching Based on Rank Transform[J]. Journal of System Simulation, 2007, 19(9): 2121-2126. (in Chinese)
郭永源, 夏永泉, 杨静宇. RANK 变换在立体匹配中的应用研究[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(9): 2121-2126.
- [12] HOU J J, WEI X G, SUN J H. Calibration method for binocular vision based on matching synthetic images of concentric circles [J]. Acta Optica Sinica, 2012, 32(3): 0315003.
- [13] GU Z, SU X Y, LIU Y K, et al. Local stereo matching with adaptive support-weight, rank transform and disparity calibration[J]. Pattern Recognition Letters, 2008, 29(9): 1230-1235.
- [14] WANG J Z, ZHU H J, LI J. A Census Transform Based Stereo Matching Algorithm Using Variable support-weight[J]. Transaction of Beijing Institute of Technology, 2013, 33(7): 704-710. (in Chinese)
王军政, 朱华健, 李静. 一种基于 Census 变换的可变权值立体匹配算法[J]. 北京理工大学学报, 2013, 33(7): 704-710.
- [15] ZHU S P, LI Z. A Stereo Matching Algorithm Using Improved Gradient and Adaptive Window[J]. Acta Optica Sinica, 2015, 35(1): 1-9. (in Chinese)
祝世平, 李政. 基于改进梯度和自适应窗口的立体匹配算法[J]. 光子学报, 2015, 35(1): 1-9.
- [16] QU Y F, JIANG J X, DENG X J, et al. Robust local stereo matching under varying radiometric conditions[J]. IET Computer Vision, 2014, 8(4): 263-276.
- [17] GONG W B, GU G H, QIAN W X, et al. Stereo matching Algorithm Based on the Inter Color Correlation and Adaptive Support Weight[J]. Chinese Journal of Lasers, 2014, 41(8): 1-6. (in Chinese)
龚文彪, 顾国华, 钱惟贤. 基于颜色内相关和自适应支撑权重的立体匹配算法[J]. 中国激光, 2014, 41(8): 1-6.
- [18] WANG F Z, HUANG D G. Improved Yoon Stereo Matching Algorithm based on adaptive weight[J]. Journal of Electronic measurement and Instrument, 2010, 24(7): 632-637. (in Chinese)
王富治, 黄大贵. 改进的 Yoon 自适应加权立体匹配算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2010, 24(7): 632-637.
- [19] HOSNIA, BLEYER M, GELAUTZ M. Secrets of adaptive support weight techniques for local stereo matching[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2015, 48(7): 2269-2278.
- [20] CAI Y J, LONG Y H, LUO H X. Improved RGB difference calculation method and its application in print inspection[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(1): 68-71. (in Chinese)
蔡叶菁, 龙永红, 罗海霞. 改进型 RGB 色差计算及其在印品检测[J]. 包装工程, 2010, 31(1): 68-71.
- [21] YANG Q, WANG L, YANG R, et al. Stereo matching with color-weighted correlation, hierarchical belief propagation and occlusion handling[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, 31(3): 492-504.